

吴仁秀 董吟林 编著

活骨移植

# 外科解剖学

安徽科学技术出版社

# 活骨移植外科解剖学

吴仁秀 董吟林 编著

安徽科学技术出版社

责任编辑：徐利明

封面设计：张远林

**肋骨移植外科解剖学**

吴仁秀 董吟林 编著

\*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行 安徽新华印刷厂印刷

\*

开本：787×1092 1/16 印张：8.5 插页：2 字数：204,000

1986年6月第1版 1986年6月第1次印刷

印数：00,001—4,000

统一书号：14200·104 定价：1.75元

## 前 言

近年来，活骨移植在国内外已经得到比较广泛的应用，取得了令人鼓舞的进展。进行精细而又复杂的小血管吻合的显微外科手术，必须具备详尽而系统的外科应用解剖学知识。潜在的移植骨供区的不断发掘和开拓，有赖于显微外科解剖学的深入研究和发 展。为此，作者献上这本习作，希望能在这方面效微薄之力。

全书共分九章，附有插图116幅。在资料的撮拾及整理上，遵循理论与实践统一、基础与临床结合的原则，在进行比较全面的解剖学阐述的同时，密切注意结合临床需要，尽可能为临床医生提供一些简明的图解和实用的资料。

本书部分章节收入的骨移植技术，是临床上比较常用的、比较成熟的；部分章节收入的某些技术，虽然已经应用于临床，但是还需要进一步总结经验，不断地提高和完善；还有一部分，仅仅是根据解剖学研究提出的设想，尚待临床实践来验证和鉴定。本书所叙及的某些组织结构，目前尚无统一名称，为了叙述方便而暂拟名，有待今后订正。

本书幸得中华骨科学会主任委员、北京积水潭医院院长、著名手外科专家王澍寰教授指导并作序，承蒙中国医科大学解剖教研室李吉教授和安徽医学院解剖教研室张为龙副教授审阅、修正，谨致谢忱！

书中照片制作、医学统计和缮写等工作，由史守言和张珏如等同志协助，并此志谢！由于作者专业知识和文字水平有限，书中错误和不妥在所难免，祈待读者指正。

作 者

1985年6月

于合肥·安徽医学院

429.35

## 序

二十年前，在显微血管外科发展的基础上，实现了游离组织移植及小器官游离移植。近十几年来，显微外科的迅速发展，主要是建立在应用显微外科解剖研究的基础之上。

显微外科手术技术好比种子，应用显微外科解剖好比肥沃的水土；如果单有优良的种子，没有适宜的水土，种子永远不会正常生长，开出瑰丽的鲜花，更不会结出丰硕的果实。

一个有经验的外科医生，在动物实验室接受1~2个月严格的显微外科操作训练，就可以熟练地掌握小血管及其他组织的缝接技术；但要想成为一个优秀的临床显微外科医生，还必须不断地、长期地研究或学习应用显微外科解剖。况且今后一个时期，显微外科的发展，仍将建立在显微外科应用解剖学研究的基础上。

鉴于一般的解剖学教科书及参考书已远远不能满足显微外科发展的要求，作者及时地写出了这本《活骨移植外科解剖学》。从骨移植的显微外科角度来看，此书写得全面系统而详尽：既从系统解剖方面介绍，又有局部解剖的描述；围绕可供做活骨移植的各处骨块解剖，收集了国际上有关的文献，同时也列举了大量的国人统计资料，其中有不少是作者的研究成果；对每块骨的血管分布都详尽地介绍了分类、百分比及变异。

本书为解剖与临床专家合作的结晶，就活骨移植手术提出不少临床应用中的问题及注意事项，是一部为临床显微外科服务的佳作。

王澍寰

1984年6月于北京

# 目 录

<b>第一章 概 论</b> .....	1
I. 活骨移植的外科解剖学研究及临床进展.....	1
II. 骨的形态及结构.....	3
(一)骨的形态.....	3
(二)骨的结构.....	4
III. 骨的胚胎发育及再生修复.....	7
(一)骨的胚胎发育及生长.....	7
(二)骨的再生及修复.....	8
IV. 骨的血液循环.....	11
(一)骨的动脉.....	11
(二)骨的静脉.....	13
(三)骨皮质的血液供应及骨血液循环学说.....	13
(四)骨的淋巴.....	14
V. 骨的神经分布.....	14
<b>第二章 肋</b> .....	15
I. 肋的形态及结构.....	15
(一)肋的形态.....	15
(二)肋骨的滋养孔.....	16
(三)肋的连接.....	18
II. 肋间隙结构.....	18
(一)肋间肌.....	18
(二)胸神经.....	19
(三)肋间血管.....	20
III. 对若干临床应用问题的讨论.....	22
(一)吻合血管的肋骨瓣游离移植.....	23
(二)带蒂肋骨复合瓣移植.....	26
(三)带血管蒂、带骨膜肋骨瓣移植在胸椎结核经胸病灶清除术中的应用.....	30
(四)吻合血管的肋软骨瓣游离移植.....	31
(五)吻合血管的肋骨骨膜游离移植.....	31
<b>第三章 锁 骨</b> .....	32
I. 锁骨的形态及结构.....	32
II. 锁骨的血管及神经.....	33

(一)锁骨的血液供应 .....	33
(二)锁骨的神经支配 .....	33
Ⅱ. 锁骨区的局部解剖 .....	33
(一)锁骨区浅层 .....	33
(二)锁骨区深层 .....	33
Ⅳ. 对若干临床应用问题的讨论 .....	34
(一)胸锁乳突肌的外科应用解剖 .....	34
(二)锁骨胸锁乳突肌骨肌皮瓣移植 .....	36
<b>第四章 肩胛骨</b> .....	<b>37</b>
I. 肩胛骨的形态及结构 .....	37
(一)肩胛骨的形态 .....	37
(二)肩胛骨的结构 .....	39
(三)肩胛骨的发育 .....	39
II. 肩胛区的局部解剖 .....	39
(一)肩胛区浅层 .....	39
(二)肩胛区中层 .....	40
(三)肩胛区深层 .....	40
III. 肩胛骨的血液供应 .....	41
(一)肩胛骨的血液供应 .....	41
(二)肩胛骨血液供应的特点 .....	45
(三)肩胛骨血管的分布类型 .....	46
IV. 对若干临床应用问题的讨论 .....	48
(一)肩胛冈的临床应用 .....	48
(二)肩胛骨腋缘的临床应用 .....	51
(三)肩胛骨脊柱缘的临床应用 .....	52
(四)肩胛骨骨膜的临床应用 .....	52
<b>第五章 桡骨</b> .....	<b>54</b>
I. 桡骨的形态及结构 .....	54
(一)桡骨的解剖特征 .....	54
(二)桡骨的滋养孔 .....	55
II. 桡骨的血管 .....	55
(一)桡骨的滋养动脉 .....	56
(二)桡骨的肱动脉及干骺动脉 .....	57
(三)桡骨的骨膜动脉 .....	58
III. 对若干临床应用问题的讨论 .....	58
(一)带血管蒂的桡骨骨膜旋转移植 .....	58
(二)吻合血管的桡骨骨皮瓣游离移植一期再造拇指 .....	58

<b>第六章 髌骨</b> .....	60
<b>I. 髌骨的形态及结构</b> .....	60
(一)髌骨.....	60
(二)坐骨.....	61
(三)耻骨.....	61
(四)髌白及闭孔.....	62
<b>II. 髌肌的应用解剖</b> .....	62
(一)浅层髌肌.....	62
(二)深层髌肌.....	66
<b>III. 髌骨的血管</b> .....	68
(一)髌骨的前组血管.....	68
(二)髌骨的后组血管.....	74
(三)髌骨的内侧组血管.....	75
(四)髌骨的外侧组血管.....	77
(五)髌骨的下组血管.....	78
<b>IV. 对若干临床应用问题的讨论</b> .....	79
(一)髌骨及其营养血管在活骨移植中的地位.....	79
(二)带血管蒂的髌骨瓣移植.....	79
(三)带肌蒂的髌骨瓣移植.....	84
<b>第七章 腓骨</b> .....	88
<b>I. 腓骨的形态及结构</b> .....	88
(一)腓骨的形态.....	88
(二)腓骨的滋养孔.....	89
<b>II. 小腿的局部解剖</b> .....	90
(一)小腿的血管.....	90
(二)小腿的神经.....	90
<b>III. 腓骨的血液供应</b> .....	91
(一)腓动脉的起源类型.....	91
(二)腓动脉的分支及其分布.....	92
(三)腓骨骨膜的血管.....	94
<b>IV. 对若干临床应用问题的讨论</b> .....	94
(一)腓骨血液供应特征及其临床意义.....	94
(二)切取腓骨瓣时的神经损伤问题.....	96
(三)切取腓骨瓣对踝关节稳定性的影响.....	96
(四)腓骨瓣移植的手术类型.....	98
(五)吻合血管的腓骨骨膜游离移植.....	99
<b>第八章 胫骨</b> .....	101
<b>I. 胫骨的形态及结构</b> .....	101



(一) 胫骨上端的解剖学特点	101
(二) 胫骨干的解剖学特点	101
(三) 胫骨下端的解剖学特点	101
Ⅱ. 胫骨的血液供应	102
(一) 滋养动脉系统	102
(二) 骨膜动脉系统	102
(三) 胫动脉及干胫动脉系统	103
Ⅲ. 对若干临床应用问题的讨论	104
<b>第九章 跖、趾骨</b>	<b>105</b>
Ⅰ. 跖、趾骨的形态及结构	105
(一) 跖骨的形态及结构	105
(二) 趾骨的形态及结构	106
Ⅱ. 足的肌肉及腱膜	107
(一) 足背的肌肉及腱膜	107
(二) 足底的肌肉及腱膜	107
Ⅲ. 足的血管	107
(一) 足背动脉	107
(二) 足底动脉	115
(三) 足静脉	117
Ⅳ. 足的神经	118
(一) 足背神经	118
(二) 足底神经	119
Ⅴ. 对若干临床应用问题的讨论	119
(一) 足背动脉及第一、二跖背动脉的分型及变异的临床意义	120
(二) 足背血管的术前检查及手术暴露方法	121
(三) 第二趾的静脉回流类型及其临床意义	122
参考文献	123

# 第一章 概 论

## I. 活骨移植的外科解剖学研究及临床进展

临床骨移植技术的开展,已有悠久的历史。传统骨移植最早由Ollier(1887)研究。Barth(1893)、Axhausen(1908)相继作了骨移植的实验和临床研究;此后,骨移植技术逐渐广泛应用于临床。

传统的骨移植可分为如下两种:①传统的自体骨移植,即以新鲜的自体骨瓣作为移植骨的供体;②非自体骨移植,包括同种异体骨移植和异种骨移植。在传统的自体骨移植,骨瓣内的骨细胞在骨块周围软组织中通过骨小管获得营养,但这种血运极为有限,仅仅使得靠近骨表面的少数骨细胞可以继续生存。移植骨瓣的表层细胞,比较容易从组织液中吸收营养,从而增殖和分化,参与新骨的形成。在非自体骨移植,骨瓣往往成为接受移植个体的抗原,引起免疫反应而被排斥和吸收。传统骨移植的骨瓣常被受区的肉芽组织所包裹,四周围绕新生的纤维组织。移植骨瓣由于丧失了血液供应,大部坏死,并逐渐被吸收。新的骨组织主要依靠自身的组织细胞生成,移植骨瓣仅起着刺激成骨细胞生成的作用。与此同时,在移植骨瓣植入受区后,受区自身骨膜和骨髓中的细胞增生繁殖,并沿着移植骨向前生长,以移植骨瓣为诱导和桥梁,最终将移植骨完全改造成与受骨相同的骨质。Barth在进行骨移植实验时观察到,在骨移植过程中,有新生组织沿新生成的血管或移植骨中原有的血管向前推进。Axhausen将此过程称为“爬行替代”,用以描述在骨移植过程中,骨组织重建和愈合的动态变化。因此,传统骨移植的骨瓣是一死骨块,这种骨移植实际上是“死骨移植”。其替代过程极其缓慢,小块骨移植常需数月,大块骨移植需时更长,或不可能完全替代。在此期间的长期肢体固定,还会导致关节僵硬,并有移植失败和并发骨不连的危险;有的患者由于多次植骨而招致肢体短缩,引起不可矫正的畸形,甚至因长期不能完成替代过程而不得不截肢。

传统骨移植的愈合率据统计约在80%左右,有大块自体骨移植失败率超过50%的报道,可见其疗效不够满意。多少年来,为了寻求更为有效的新的骨移植方法,许多学者通过动物实验、应用解剖学的研究及临床实践进行探索。1896年,Isreal用尺骨骨皮瓣进行鼻再造;1908年,Rydygier用锁骨复合瓣修复下颌骨;1918年,Blair用肋骨或锁骨骨皮瓣重建下颌骨;1962年Judet将带蒂骨瓣移植应用于临床。上述这些方法都是将移植骨瓣连同其上的肌肉或(和)皮肤一起转移,移植骨瓣依靠其上的肌蒂获得有限血运。七十年代以来,随着显微外科的发展,现有技术已能成功地接通直径0.3mm以上的血管,可以将移植骨瓣连同其血管,一次移植到受区,与受区血管作吻合,立即重建血运。这种带蒂的或吻合血管的骨移植方法称为“活骨移植”。它不必经过缓慢的爬行替代过程而完成骨愈合。当然,供体也可以制成包括皮肤或(和)肌肉的骨复合瓣作游离或旋转移植。活骨移植现已较广泛地应用于临床,是整形外科和矫形外科常用的一种治疗方法。

1966年,杨东岳应用显微外科吻合技术施行了第二足趾游离移植再造拇指,获得成功。1973年,Ueba和O'Brien研究了吻合血管的腓骨瓣游离移植;同年Ueba应用此法成功地

一名11岁的男孩修复了尺骨缺损。1974年, O'Brien用带血管蒂的腓骨瓣整复脊柱后凸畸形。1975年, Mckee和Buncke各自研究并成功地进行了吻合前肋间和后肋间血管的肋骨瓣游离移植。1976年, O'Brien用10cm长的髂骨嵴和腹股沟皮肤作骨皮瓣游离移植, 治疗股骨骨折不愈合。1977年, 上海市第六人民医院开展了吻合血管的腓骨瓣游离移植。1978年, 于仲嘉首创了手或全手指缺失再造技术。同年, Taylor做了吻合旋髂浅血管的髂骨复合瓣游离移植。1979年, Taylor提出带旋髂深血管的髂骨骨皮瓣比带旋髂浅血管的优越, 并于同年临床应用成功。同期, 黄恭康等提出了吻合旋髂深血管的髂骨瓣游离移植和髂骨骨膜移植, 临床应用获得成功。1980年, 范遗恩、陈克功等报告了用吻合臀上血管的游离髂骨瓣填充长管骨骨肿瘤切除术后的残留空腔。1981年, 作者比较系统地报告了髂骨瓣移植的显微外科解剖学研究, 对供应髂骨的血管及其临床应用价值作了探讨, 提出了带臀上血管深上支的经臀部“无臀大肌区”入路髂骨瓣移植及带第三腰血管的经后部入路的髂骨瓣移植的设想, 并应用于临床。1983年, 钟世镇提出带旋肩胛血管的肩胛骨腋缘骨瓣移植, 并用于临床。1979年, 作者对肩胛骨作了应用解剖的研究, 提出肩胛骨的多种移植方法的设想。近年来, 国内还有许多学者对多种骨骼的应用解剖学进行了大量的卓有成效的研究。

自体骨膜移植的研究, 始于Ollier, 至今已有一百多年的历史。1978年, Finley首先作了狗的胫骨缺损重建血运的骨膜移植的实验研究, 肯定了活骨膜移植后的成骨能力; 1979年, 芦家泽等用吻合血管的腓骨骨膜游离移植治疗1例先天性胫骨假关节, 获得成功; 1981年, 中国人民解放军总医院用带血管蒂的桡骨骨膜移植治疗腕舟状骨陈旧性骨折。

至今, 多种骨类、多种形式的带蒂的或吻合血管的骨移植, 已经成为显微外科研究中的一个重要课题, 得到了迅速的发展, 并且愈来愈显示其广阔的前景。

## 骨移植的种类

综上所述, 骨移植一般可分为如下几种。

(1) **传统骨移植**: 这种自体或同种异体的骨游离移植, 不缝接血管, 移植骨主要依靠受区血运重建, 经爬行替代过程而完成骨愈合。这是临床最常用的骨移植方法。

(2) **带蒂骨瓣移植**: 用于受区血运条件较差或多种组织缺损时, 骨瓣可以肌肉或知名血管为供血蒂。此种移植可分为以下两种。

1) **带肌或皮蒂的骨瓣移植**: 人体大部分皮肤依靠其深面的肌肉血管穿支营养, 如在肌皮瓣内附加骨瓣一起移植, 可同时修复骨、皮或粘膜的缺损。此类复合瓣, 较常用的有锁骨胸锁乳突肌骨肌瓣、肩胛骨斜方肌骨肌瓣、肋骨胸大肌骨肌瓣、肋骨背阔肌骨肌瓣、股骨粗隆区股方肌骨肌瓣、髂骨缝匠肌骨肌瓣、髂骨臀中肌骨肌瓣等。

2) **带血管蒂的骨瓣移植**: 带较粗知名血管的骨瓣就近旋转移植, 不需作显微血管吻合。由于受血管蒂长度的限制, 骨瓣只能就近应用, 不能远距离移植, 如带肋间后血管的肋骨瓣移植、带胸廓内血管的肋骨瓣移植、带旋髂深血管的髂骨瓣移植和带第三腰血管的髂骨瓣移植等。

(3) **吻合血管的骨瓣游离移植**: 供骨移植到受区后, 其血管蒂与受区相应血管作显微吻合, 重建血运。供体可设计成吻合血管的骨瓣, 也可根据需要制成包括肌肉或皮肤或肌皮的骨复合瓣。因不受蒂的长度限制, 可作远隔移植。最常采用的组织有: 髂骨——主要带旋髂深血管、臀上血管深上支或旋髂浅血管; 肋骨——主要带前肋间血管或后肋间血管, 以及胸廓内血管; 腓骨——主要带腓血管; 肩胛骨——主要带旋肩胛血管和颈横血管; 跖、趾骨——

主要带足背动脉或第一跖背动脉和大隐静脉。

(4) **吻合血管的骨膜游离移植**：带血管蒂的骨膜包绕于受区，其血管与受区相应血管作显微吻合，重建血运。经应用解剖学研究，可供移植的骨膜主要有腓骨骨膜、胫骨骨膜、肋骨骨膜、髂骨骨膜、肩胛骨冈下窝骨膜和桡骨骨膜等。

毫无疑问，上述分类中(2)、(3)、(4)带有血运的各种类型的活骨瓣移植具有许多优点：骨愈合较迅速，肢体固定的时间较短，因此，疗程也短，特别在大段骨缺损时，这种方法更具优越性；即使吻合血管栓塞，仍能作为传统植骨；可以远距离游离移植；供体可根据需要制成复合瓣，一次修复多种组织缺损。但是，这种手术要求高，难度大，还要具有一定的设备条件；手术时间长，创伤也较大，这就增加了感染的机会，一旦感染，前功尽弃。传统骨移植虽具有一定的局限性，但仍可以解决很多临床问题，至今还有其应用价值。因此，在选择和制定手术方案时，要从实际出发，全面衡量病人的得失，严格掌握手术指征，用最小的代价和最简单的手术，获得最大的功能恢复。

### 活骨移植的应用指征

- 1) 外伤后的骨缺损；
- 2) 慢性骨髓炎后的骨缺损，或某些脊柱结核病灶清除术后的骨缺损；
- 3) 骨肿瘤切除术后的骨缺损；
- 4) 某些脊柱先天性畸形；
- 5) 先天性胫骨假关节；
- 6) 先天性骨缺损；
- 7) 头面部的某些整形。

## II. 骨的形态及结构

### (一) 骨的形态

骨按其形状特点可分为以下几种。

#### 1. 长 骨

长骨呈管状，位于四肢游离部，有一体两端。骨干中空，为骨髓腔，内含骨髓。一般长骨的断面呈三角形，骨干表面有供滋养血管和神经进出的滋养孔(管)。骨的两端膨大，称为骺，其表面覆有光滑的关节软骨。与骺相连的骨干部，称为干骺端。在人类，骨骺有三种类型。

(1) **受压骨骺**：位于长骨的骨端，它经受通过关节传导的压力。因此，又叫做关节骨骺，如肱骨头骨骺、股骨髁骨骺等。骨骺板的生长可使长骨增长，它的发育障碍可以影响肢体的长度和关节的外形。

(2) **受牵骨骺**：位于大块肌肉深面和肌肉的起止点，它承受肌肉的牵力，不进入关节。因此，这种类型的骨骺又叫做非关节骨骺，如肱骨结节骨骺、股骨转子骨骺等。它通常是在性成熟期，由出现于肌腱附着处的软骨内的独立的骨化中心形成。其发育障碍不影响肢体长度和关节外形。

(3) **返祖骨骺**：从种系发生角度看，它是独立骨在种系发生中接植于其他骨上而形成的，

如肩胛骨喙突骨骺、距骨的三角骨骨骺。

长骨骨骺大都属于受压骨骺，其他一般属于受牵骨骺。

## 2. 扁骨

扁骨一般宽阔，呈板状，由内外两层密质骨板和分散于其间的松质骨、骨髓构成，多位于四肢带部并构成体腔的壁。

## 3. 短骨

短骨呈立方体状，位于腕和跗部，其结构与长骨的骺端相似。

## 4. 不规则骨

不规则骨，呈各种不规则的形状，由骨密质包盖骨松质和骨髓而成。

此外，还有一些骨具有含气的空腔，称为含气骨；在部分肌腱和韧带内，有呈卵形结节状的小骨块，称为籽骨。

# (二) 骨的结构

## 1. 软骨的结构

软骨具有支持作用，为特殊分化的结缔组织，由细胞和细胞间质组成。软骨具有一定的抗压能力和韧性，构成鼻、耳、气管等器官的支架，各关节都有由软骨构成的关节面。在胚胎期，软骨代替骨骼构成暂时性的胚体支架。人类骨的发育，大多数经过软骨阶段。目前，一般认为，成年人软骨本身没有血管和神经分布，代谢率较低；但在生长时期，长骨的骨骺端却有繁殖旺盛的软骨细胞，使骨骼不断增长。软骨可以按其细胞间质中所含纤维成分的不同，分为三种。

(1) **透明软骨**：透明软骨色白而有弹性，在成人主要分布在肋软骨、喉、气管环、小气管及全身各关节的关节面。它通常在40岁左右开始骨化。软骨细胞包埋在细胞间质的小腔内，这种小腔称为软骨陷窝。有些陷窝内仅有一个软骨细胞；有些陷窝内含有多个细胞，称为细胞巢。多个细胞可能是由一个软骨细胞分裂而来。细胞间质为凝胶状，呈均匀性，基质中含有胶原纤维。近年来的研究证明，细胞间质中的纤维和基质皆由软骨细胞产生。

覆盖在关节面上的软骨为关节软骨，它也是透明软骨的一种。关节软骨细胞充填于软骨陷窝内。靠近关节表面的陷窝呈椭圆形，长轴与关节面平行；较深部的陷窝呈半环形或角形。关节软骨细胞间质的主要成分为胶原、蛋白多糖和水。蛋白多糖保持水分，胶原连接蛋白多糖成为凝胶。胶原纤维还形成立体网，以适应关节的负重功能。

关节软骨的表面并不完全光滑，其不规则性可分为四级：一级，呈肉眼观察的形状；二级，波动不平；三级，出现凹陷；四级，形成小嵴。关节软骨表面陷凹的大小和数目与性别无关，但与年龄有关。关节面的形成过程，由出生至21岁可称为成熟期，22~50岁可称为年长期。在年长期，关节面上的陷凹增大、数量减少，软骨细胞的陷凹变大、细胞密度减低。不规则的软骨面的出现，可能是表面的基质即蛋白多糖丧失，导致胶原纤维束暴露的缘故。

关节软骨细胞和细胞间质的周转更新，对于骨损伤的愈合和改建起着相当重要的作用。关节软骨的营养，一方面来自关节滑液，另一方面来自关节软骨下面的骨组织。关节软骨对于溶液的渗透性与软骨细胞对营养的免疫反应及基质的矿物化等有关。软骨细胞外面的基质

为胶原纤维,它包埋于蛋白多糖和凝胶内。胶原纤维间隙较大,约为100 Å,为极细小的孔状结构;间隙内充满上述凝胶。溶液进出于软骨的速度取决于三个因素:①软骨滑膜界面的滞留薄膜的抵抗力;②软骨内部与外部溶液中溶解物的平衡状况;③溶液的运动性,即溶液分子在软骨内的扩散速度。关节的滑润能力,为一般机械的10~100倍。完全成熟的软骨如果缺乏正常的压力刺激,或长期受持续压力作用,都会发生变性,并被纤维组织所替代。

(2) **弹力软骨**: 弹力软骨呈黄色,不透明,有弹性,由细胞和细胞间质组成。其主要特征为细胞间质内含有弹力纤维;软骨中央部分纤维较为密集,边缘疏松并与软骨膜的弹力纤维相连续。弹力纤维主要见于耳廓、会厌软骨和喉的楔状软骨等处。

(3) **纤维软骨**: 纤维软骨为致密结缔组织与软骨之间的过渡类型,见于耻骨联合、关节盂及某些肌腱附着于骨的部位。纤维软骨也覆盖于一些有肌腱滑动的骨沟表面,并覆盖特定部位的骨突。纤维软骨与致密结缔组织连续处并没有截然的界线。在承受压力较大处,纤维组织大都被坚韧而有弹性的纤维软骨所替代。

软骨的表面都包有一层结缔组织性的被膜,即软骨膜。其外层纤维成分较多,与软骨周围的组织相连续;其内层细胞成分较多,与软骨分界不清。这些细胞呈梭形,可逐渐分裂,分化为软骨细胞。

## 2. 骨的结构

新鲜骨呈白色,比重为1.87~1.97。骨的胶原纤维形成网状支架,无机盐沉积在胶原纤维周围,构成骨的间质。成人新鲜骨含有水分50%,脂肪15.75%,其他有机质12.4%,无机质21.85%。骨质坚韧,具有很大的硬度和弹性。成人股骨承受的压力为263~400kg,肱骨承受的压力为174~276kg。骨的理化性能随着年龄、生活条件、健康状况和社会环境的变化而不断地发生变化。

骨由骨质、骨膜和骨髓三个部分组成(图1-1)。

(1) **骨质**: 包括骨密质和骨松质。

1) **骨密质**: 骨密质为骨表面的坚硬骨质,具有轻度弹性,抗压和抗扭曲能力强。骨密质由许多骨板所构成。骨板厚度一般为5~7μm。若将长骨骨干密质骨作横断面观察,骨板有三种不同的排列方式(图1-2)。①**外环骨板层**: 外环骨板层位于骨的表面,环绕骨干排列,与骨外膜紧密相连。有与骨干垂直的孔道穿行其间,此孔道称为伏克曼管穿通管,骨外膜的小血管由此进入骨内。②**内环骨板层**: 内环骨板层为靠近骨髓腔面环绕骨干排列的数层骨板,它可因骨髓腔面的凹凸不平而排列不规则。内环骨板的最内层衬有骨内膜,也有伏克曼管穿行通过。③**骨间板**: 在内、外环骨板层之间,为骨干密质的主要部分;由许多厚壁圆筒状的与骨长轴平行排列的骨单位构成。骨单位又称哈佛系统,它的中心为哈佛管中央管,外围为呈同心圆式层层排列的5~20层骨板。骨单位之间充填有不规则的骨间板。

哈佛管和伏克曼管彼此垂直,相互沟通。哈佛管的直径为20~100μm,内壁衬有薄层结缔组织。内壁的细胞成分随着骨单位的活动状态而变化。在新生成的骨单位内,

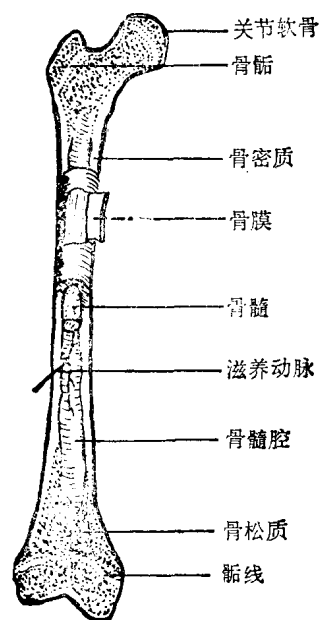


图1-1 骨的形态结构

细胞多为成骨细胞；在破坏的骨单位内，为破骨细胞；在一般骨组织内，为梭形细胞。哈佛管内有小血管及伴行的神经纤维，小血管与伏克曼管内的血管彼此交通。

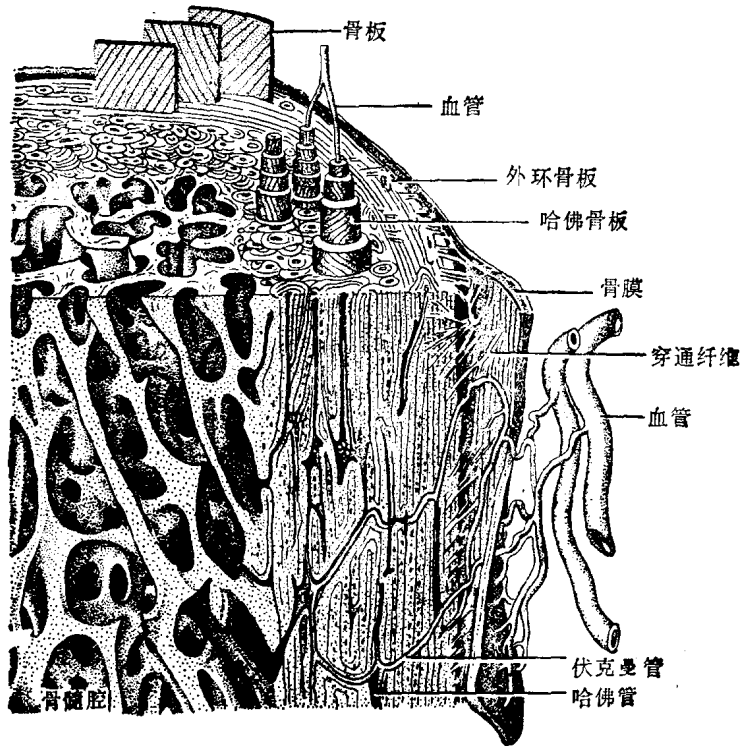


图1-2 长骨的构造(模式图)

骨密质层在长骨为主要的层次；在短骨及长骨的骺表面仅为一薄层；在扁骨则为内、外板，其中间夹以由松质骨构成的板障。

2) 骨松质：骨松质由许多交织成网的杆状或片状的骨小梁构成。骨小梁由骨板构成。骨板层次较薄，结构较简单，层与层之间无血管。骨细胞营养依靠骨小梁表面的骨髓腔的血管供应。骨小梁的排列方式与各个骨所承受的压力及与之相适应的张力方向一致。

(2) 骨膜：骨膜由致密结缔组织构成。位于骨表面的骨膜称为骨外膜，衬于骨髓腔内的称为骨内膜。

1) 骨外膜：骨外膜分内、外两层。①骨外膜内层：主要由细胞构成，胶原纤维少，弹性纤维多与骨质紧密相连。从胚胎到幼年时期，骨骼生长迅速，内层细胞多而活跃，并分化成为成骨细胞，直接参与骨的生长。成年时期，内层细胞变为梭形细胞，处于稳定状态。在骨损伤后，内层细胞分化为典型的成骨细胞，恢复造骨能力。②骨外膜外层：细胞成分较少，在致密的结缔组织中有彼此交织成网的胶原纤维。向内穿进骨质的外环骨板层的胶原纤维，称为贯穿纤维，它有固定骨膜的作用。在纤维束内，血管神经束穿行，沿途分支并经深层进入伏克曼管。在骨生长时期，骨外膜易于剥离；成人的骨外膜与骨附着牢固，不易剥离。关节面上无骨外膜覆盖。

2) 骨内膜：骨内膜衬于长骨干的骨髓腔壁和哈佛管内，并包于骨松质的骨小梁表面。骨内膜细胞具有造骨能力，可能具有造血潜能。成年以后，骨内膜细胞也处于稳定状态。在骨损伤后，其造骨机能恢复。

(3) **骨髓**：骨髓由多种类型的细胞和网状结缔组织构成，位于长骨干的骨髓腔中及松质骨的骨小梁之间。初生时期，松质骨的数量有限，骨髓内充满红骨髓；到7岁时，松质骨的数量增多，长骨干的骨髓腔内黄骨髓开始出现；约在18岁左右，肢体骨内的红骨髓几乎全为黄骨髓所代替。但在长骨的骨骺、不规则骨及扁骨内，红骨髓则终生保留。红骨髓具有造血功能。在某些耗损性疾病和衰老时，骨髓可以发生胶质样变。在一定情况下，如恶性贫血时，黄骨髓又可变为红骨髓，恢复造血功能。

## II. 骨的胚胎发育及再生修复

### (一) 骨的胚胎发育及生长

#### 1. 骨的胚胎发育

在胚胎早期，中胚层有三种细胞集团，即体节、生肾节及侧中胚层。体节与骨的发育有关。在胚胎发育过程中，体节开始分为生皮节、生肌节及生骨节。生骨节为疏松的间充组织。生骨节中，产生结缔组织纤维的间充质细胞为成纤维细胞，形成透明软骨基质而自埋的为成软骨细胞，还有些间充质细胞成为成骨细胞。网状组织、腱、韧带及蜂窝状组织由成纤维细胞形成，软骨由成软骨细胞形成，骨则由成骨细胞形成。

#### 2. 骨的生长

人类在出生时，骨干已完全骨化，但在骨的两端，仍然保留着软骨部即骨骺。生后不久，在骨的两端出现骨化点(次级骨化中心)，其以软骨化骨的方式生成骨组织。最后，表面包着一个软骨壳的松质骨即骨骺便形成。在骨干骨化中心和骨骺骨化中心之间，暂时保留着软骨性骺板。在骺板的两侧，同时进行着软骨内化骨，但软骨内化骨在骨干的一侧进行得快，在骺的一侧进行得慢。骺板在骨干的纵向生长上起着重要作用。当骨生长达全长时，骺与骨干即联合在一起，骺板消失，在原骺软骨处遗留一条骺线。骨端关节面的一层软骨则终生保留。

骨骺在生长发育过程中，核心部分为硬骨，三面为透明软骨(主要为关节软骨)，另一面为骨骺软骨。透明软骨深层和骨骺软骨的造骨皆为软骨细胞造骨。骺板即为骨骺软骨，或可称为生长板。根据发育情况，骨骺可分为深浅两部分：深部，在骨生长发育过程中，全部变为骨组织；浅部，即关节软骨，没有化骨机能。骺板有许多软骨细胞柱，其间有软骨间

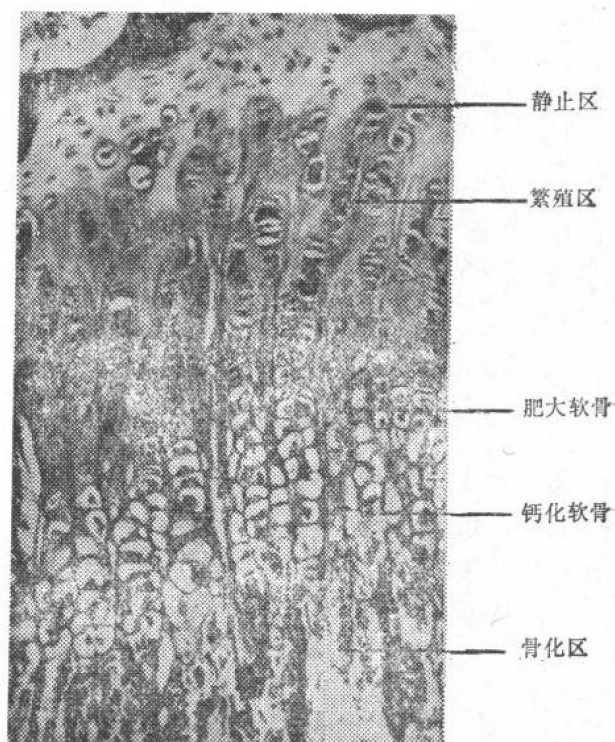


图1-3 骺板的构造

质。骺板有许多软骨细胞柱，其间有软骨间



质。正常骺板的细胞结构可分为五层(图 1-3): ①静止区; ②增殖区; ③肥大区; ④钙化区; ⑤骨化区。长骨的生长主要取决于增生细胞层的细胞产生的速度和肥大变性细胞的大小。生长板可分为承受压力的和张力的两种类型。过去认为两种生长板的形态结构是一样的, 但据最近研究, 胫骨粗隆的牵引生长板的形态结构和一般的压力生长板不同。骨具有适应压力的可塑性, 在一定范围内, 动态压力的增大或解除, 都能加速骨骺的生长。有些学者在实验中切除某些长骨(桡骨和腓骨)的生长板, 发现该骨仍能生长增长, 因此认为骨膜的张力对于骨的生长增长可能是有作用的。

骨在软骨雏形发育过程中, 并非限于单纯地生长。长骨在逐渐加长和增粗的同时, 还出现一系列的改建活动, 其外部形态和内部结构不断发生变化, 以适应其对身体支持和负荷等机能的要求。这称为沃尔夫定律(Wolf's Law)。骨的生长和改建常是成骨和破骨同时进行的过程。有关成骨细胞和破骨细胞的来源, 将在骨的再生和修复中叙述。骨髓内含有造骨和造血两类细胞。用分离技术可将骨髓细胞按密度分为八群, 其中密度较低的两群有造软骨和造骨的能力。成骨细胞不仅在骨生长、改建和修复过程中起作用, 还能合成细胞外基质, 管理基质的钙化和骨骼钙质的自体稳定。在骨的改建过程中, 骨细胞对于骨吸收有原发作用, 这种作用称为骨细胞溶解。von Recklinghausen等认为: 骨吸收是血管的作用; 破骨细胞不过是骨吸收过程中的产物, 由骨吸收时释放出的骨细胞的细胞质融合而成, 故其常存在于骨被吸收的部位。但很多实验证明, 破骨细胞直接作用于骨表面, 使骨质变碎, 继而吞噬消化骨的碎块。

以往认为, 骨成熟后不再生长, 现在证明并非如此。人在20岁以后, 仍存在骨外膜造骨现象。肋骨横径的增长可持续到70岁。有的学者用X线测量22~35岁的男性颅骨, 发现绝大多数人的颅骨径线每年都有显著增长。人类钙化骨的原形和体积虽然不变, 但是, 它所含的钙质与血钙经常在交换, 并且终生都有骨质的重建, 成熟的骨单位不断地为新生的骨单位所替代。

人类在出生时所存在的“大体结构缺陷”, 常称为骨的先天性畸形。直到四十年代初, 人们总以为先天性畸形主要是由遗传因素引起。但据近代研究估计, 所有人类已经知道的畸形, 约有10%是由环境因素引起, 10%是由基因和染色体因素引起, 80%是由几种遗传和环境因素的错综复杂的相互作用引起。在骨骼系统中, 比较常见的畸形有: 侏儒症、阿佩尔综合征、无肢或部分无肢、小肢、多指(趾)、并指(趾)及畸形足等。

## (二)骨的再生及修复

### 1. 骨损伤后骨的再生及修复

骨是再生能力较强的组织。骨损伤常伴有周围组织的损伤; 血管破裂出血, 血液充满于断裂的间隙中, 而后凝成血块。损伤后, 附近的血管扩张, 大量白细胞和血浆渗出, 中性粒细胞及巨噬细胞进入断裂处, 吞噬坏死的组织碎块。周围的毛细血管伸出芽状突起; 突起逐渐增长伸入断裂处, 与增生的成纤维细胞共同形成肉芽组织, 逐渐取代血块, 以弥合骨折裂隙。继而, 肉芽组织中出现致密结缔组织和软骨细胞、成骨细胞, 骨痂开始形成。新生骨痂连接着骨折断端, 起着暂时的固定和桥梁作用。骨痂按软骨内化骨和膜内化骨的方式, 不断地生成新骨, 骨折断端随着时间的推移而牢固接合。新的骨组织大部分是松质骨, 在改建过程中逐渐变为密质骨, 重又形成骨髓腔; 其周围保留的不骨化的结缔组织, 成为骨外膜。

在骨折修复的初期阶段, 先后出现增生繁殖的成纤维细胞、成软骨细胞和成骨细胞。骨